

*Пристрої та системи радіозв'язку, радіолокації, радіонавігації***ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ РАДІОЗВ'ЯЗКУ,  
РАДІОЛОКАЦІЇ, РАДІОНАВІГАЦІЇ**

УДК 681.51

**РЕДУКЦІЯ МОДЕЛІ СИСТЕМОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ  
ДО РІВНЯ БАГАТОЕЛЕМЕНТНОЇ ФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ**

**Бичковський В.О., к.т.н., доцент,**  
*Національний технічний університет України*  
*"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

**Вступ. Постановка задачі**

Моделювання системотехнічних комплексів (СТК) вважається одним із ефективних методів їх досліджень. При розв'язанні практичних задач охопити СТК з усіх позицій не представляється можливим, тому виникає проблема компромісу між простотою опису СТК та необхідністю врахування різнопланових характеристик СТК. Одним із варіантів розв'язання даної проблеми є редукція моделі СТК до рівня багатоелементної фізичної системи, при цьому доцільно орієнтуватися на інформаційний опис СТК [1]. Досить часто існує можливість відокремити в СТК головну та забезпечуючі системи. Редукція моделі таких СТК та визначення інформаційних характеристик складових СТК є актуальною задачею, яка має практичну спрямованість.

**Теоретичні викладки**

Розглянемо процес інформаційного обміну між системами СТК. Кількість інформації, яка циркулює в СТК, визначається його інформаційною спроможністю. Нехай  $I=I(t)$  - кількість інформації в СТК,  $I_1=I_1(t)$  - кількість інформації в головній системі;  $I_c=I_c(t)$  - кількість інформації в забезпечуючих системах. Тоді  $I_1=\ln N_1$ ,  $I_c=\ln N_c$ , де  $N_1, N_c$  - інформаційні спроможності головної та забезпечуючих систем. Таким чином,  $I=I_1+I_c$ , або

$$I = \ln N_1 N_c \quad (1)$$

Швидкість зростання інформаційної спроможності головної системи залежить від інформаційної спроможності СТК в цілому. Враховуючи формулу (1), визначаємо

$$\frac{dN_1}{dt} = K_1 N_1 N_c, \quad (2)$$

$$N_c = N_c(t) = \prod_{i=2}^n N_i(t);$$

де  $K_1$  - константа швидкості зростання інформаційної спроможності головної системи.

Для опису інформаційної спроможності забезпечуючих систем скористуємося методом аналогій. На підставі аналогії з топохімічною реакцією

$$\frac{dN_c}{dt} = K_c (N_{cm} - N_c), \quad (3)$$

де  $K_c$ - константа швидкості зростання інформаційної спроможності забезпечуючих систем;  $N_{cm}$  – максимальне значення інформаційної спроможності забезпечуючих систем [2]. Нехай на початку спостереження, тобто при  $t=0$ , інформаційна спроможність забезпечуючих систем дорівнює  $N_{c0}$ . Інтегруючи рівняння (3) по  $t$  від 0 до  $t$  та по  $N_c$  від  $N_{c0}$  до  $N_c$ , визначаємо

$$N_c = N_{cm} - (N_{cm} - N_{c0}) \exp(-K_c t). \quad (4)$$

Якщо спостереження за системами почалося в момент їх включення, то при умові одночасного включення  $N_{c0}=1$ . Тоді на підставі формули (4) визначаємо

$$N_c = N_{cm} - (N_{cm} - 1) \exp(-K_c t). \quad (5)$$

Враховуючи рівняння (4), запишемо диференціальне рівняння (2) таким чином:

$$\frac{dN_1}{N_1} = K_1 (N_{cm} - (N_{cm} - N_{c0}) \exp(-K_c t)) dt. \quad (6)$$

Нехай на початку спостереження, тобто при  $t=0$ , інформаційна спроможність головної системи дорівнює  $N_{10}$ . Інтегруючи рівняння (6) по  $N_1$  від  $N_{10}$  до  $N_1$  та по  $t$  від 0 до  $t$ , визначаємо

$$\ln \frac{N_1}{N_{10}} = \frac{K_1 N_{cm}}{K_c} \left( K_c t - \left( 1 - \frac{N_{c0}}{N_{cm}} \right) (1 - \exp(-K_c t)) \right). \quad (7)$$

Приймемо до уваги, що кількість інформації під час  $t$  в головній системі  $I_1 = \ln N_1$ , а на початку спостереження  $I_{10} = \ln N_{10}$ . Таким чином, враховуючи формулу (7), запишемо

$$I_1 - I_{10} = \frac{K_1 N_{cm}}{K_c} \left( K_c t - \left( 1 - \frac{N_{c0}}{N_{cm}} \right) (1 - \exp(-K_c t)) \right). \quad (8)$$

Аналіз формули (8) показує, що стійке зростання кількості інформації в головній системі спостерігається при умові

$$K_c t - \left( 1 - \frac{N_{c0}}{N_{cm}} \right) (1 - \exp(-K_c t)) > 0. \quad (9)$$

Таким чином, рівняння (9) накладає певні обмеження на характеристики моделі СТК.

Якщо для забезпечуючих систем не представляється можливим використання залежності (3), то для розв'язання диференціального рівняння (2) скористуємося відомою методикою [2]. Введемо додаткову величину  $x$ , яка характеризує збільшення інформаційної спроможності головної та забезпечуючих систем до моменту часу  $t$ . Тоді  $N_1 = N_{10} + x$ ,  $N_c = N_{c0} + mx$ , де

$m=K_c/K_1$ - коефіцієнт. На підставі рівняння (2) визначаємо

$$\frac{dx}{dt} = K_1(N_{10} + x)(N_{c0} + mx) \quad (10)$$

На підставі рівняння (10) складаємо наступне рівняння:

$$K_1 dt = [mx^2 + (mN_{10} + N_{c0})x + N_{10}N_{c0}]^{-1} dx. \quad (11)$$

Інтегрування рівняння (11) по  $t$  від 0 до  $t$  та по  $x$  від 0 до  $x$  дає такі результати:

$$K_1 = \frac{1}{at} \ln \frac{b}{d}, \quad (N_{c0} > mN_{10}), \quad (12)$$

$$K_1 = -\frac{1}{at} \ln \frac{d}{b}, \quad (N_{c0} < mN_{10}), \quad (13)$$

де  $a=N_{c0}-mN_{10}$ ;  $b=N_{c0}(N_{10}+x)$ ;  $d=N_{10}(N_{c0}+mx)$ .

Для визначення закономірності зростання інформаційної спроможності системи прийемо до уваги, що  $N_1=N_{10}+x$ . Тоді на підставі формул (12), (13) отримаємо наступний результат

$$N_1 = \frac{N_{10} a \exp(aK_1 t)}{N_{c0} - mN_{10} \exp(aK_1 t)}. \quad (14)$$

Проаналізуємо закономірність зростання інформаційної спроможності  $n$ -1 систем СТК, приймаючи до уваги, що  $N_c=N_{c0}+mx$ . На підставі формул (12), (13) визначаємо:

$$N_c = \frac{N_{c0} a}{N_{c0} - mN_{10} \exp(aK_1 t)}. \quad (15)$$

Інформаційна спроможність СТК визначається з формули  $N=N_1N_c$ . Тому

$$N = \frac{a^2 N_{10} N_{c0} \exp(aK_1 t)}{(N_{c0} - mN_{10} \exp(aK_1 t))^2}. \quad (16)$$

Аналіз формул (14), (15) показує, що існує певна умова для застосування моделі:

$$N_{c0} - mN_{10} \exp(aK_1 t) > 0. \quad (17)$$

На підставі рівняння (17) визначаємо необхідне співвідношення:

$$K_1 < \frac{1}{t(N_{c0} - mN_{10})} \ln \frac{N_{c0}}{mN_{10}}. \quad (18)$$

Прийемо до уваги, що  $I_{c0}=\ln N_{c0}$ ;  $I_{10}=\ln N_{10}$ , де  $I_{c0}$ - кількість інформації в забезпечуючих системах СТК на початку спостереження;  $I_{10}$ - кількість інформації в головній системі на початку спостереження. Тоді на підставі формули (18) можна записати:

$$K_1 < \frac{1}{t(N_{c0} - mN_{10})} (I_{c0} - I_{10} - \ln m).$$

### **Висновки**

Отримані результати дають можливість проводити макроскопічний аналіз СТК та описувати перетворення випадкових міжсистемних взаємодій в деякий регулярний процес. Це дає можливість з'ясувати закони об'єднання частин у ціле, закономірності функціонування СТК та виконувати логічний аналіз СТК методом аналогій. На підставі встановлених обмежень (9),(18) на параметри моделей представляється можливим підібрати одну з них для конкретної ситуації та визначити закономірності зростання інформаційної спроможності та кількості інформації в системі, яка розглядається в межах СТК, та СТК в цілому.

### **Література**

1. Николаев В.И., Брук В.М. Системотехника: методы и приложения.- М.:Машиностроение.-1985.-199с.
2. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. М.:Высш.школа.1988.-496с.

*Бичковський В.О. Редукція моделі системотехнічного комплексу до рівня багатоелементної фізичної системи. Для з'ясування основних закономірностей об'єднання частин в ціле та аналізу взаємодії цих складових в системотехнічному комплексі (СТК) пропонується методика редукції моделі СТК. Виконано аналіз характеристик систем СТК на інформаційному рівні. Визначено залежності інформаційних характеристик систем та СТК від основних параметрів. Встановлено обмеження на характеристики моделі СТК. Отримані результати дають можливість проводити аналіз СТК на макроскопічному рівні.*

**Ключові слова:** системотехнічний комплекс, редукція, метод аналогій.

*Бычковский В.А. Редукция модели системотехнического комплекса до уровня многоэлементной физической системы. Для выяснения основных закономерностей объединения частей в целое и анализа взаимодействия составляющих в системотехническом комплексе (СТК) предлагается методика редукции модели СТК. Выполнен анализ характеристик систем СТК на информационном уровне. Определены зависимости информационных характеристик систем СТК от основных параметров. Установлены ограничения на характеристики модели СТК. Полученные результаты дают возможность проводить анализ СТК на макроскопическом уровне.*

**Ключевые слова:** системотехнический комплекс, редукция, метод аналогий.

*Bychkovsky V.A. Reduction of systemotechnical complex model to a level of multielement physical system. Reduction method of systemotechnical complex (STC) model is propose for principal regularity elucidation of part in wholeness unification and analysis of components in STC interaction. The analysis of characters in STC on information level is fulfil. The dependences of information characters of system and STC from essential parameters is define. Limitations on model's characters of STC are determine. The results discover the possibility of STC analysis on macroscopic level.*

**Key words:** systemotechnical complex, reduction, analogy method.